



Универзитет „Св. Кирил и Методиј“

Машински Факултет - Скопје



Проф. д-р Петар Симоновски
Доц. д-р Никола Аврамов
Доц. д-р Ташко Ризов
Доц. д-р Иле Мирчески

ПРАКТИКУМ
за реализација на вежби по предметот

- МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ –

(нов ЕКТС)

Скопје, Септември 2015

СОДРЖИНА

1. МАТЕМАТИКА
 - 1.1. Степен и операции со степени
 - 1.2. Коренување и операции со корени
 - 1.3. Проценти
 - 1.4. Тригонометрија
 - 1.5. Работа со калкулатор

2. ИНЖЕНЕРСКА ГРАФИКА
 - 2.1. Формати и размери
 - 2.2. Работилнички цртеж
 - Проекции, пресеци и специјални погледи
 - 2.3. Цртање навојница и навојна површина
 - 2.4. Спојување со завртка и навртка
 - 2.5. Означување квалитет на површинска обработка
 - 2.6. Означување на толеранции

3. ОЗНАЧУВАЊЕ НА ЧЕЛИЦИТЕ СПОРЕД EN10027 СТАНДАРДОТ
 - 3.1. Означување со карактери
 - 3.2. Означување со броеви

4. МЕХАНИКА
 - 4.1. Основни закони на механиката
 - 4.2. Видови мерни системи - Меѓународен мерен систем (SI систем)
 - 4.3. Рамнински статички определени линиски носачи
 - 4.3.1. Проста греда
 - 4.3.2. Проста греда со препуст
 - 4.3.3. Конзоли

5. ЈАКОСТ
 - 5.1 Напрегања
 - 5.2. Напони
 - 5.3. Геометриски карактеристики на пресекот
 - 5.3.1. Површина
 - 5.3.2. Момент на инерција
 - 5.3.3. Отпорен момент

6. ТОЛЕРАНЦИИ

1. МАТЕМАТИКА

1.1. Степен и операции со степени

$$\underbrace{a \cdot a \cdot a \dots a}_n = a^n; n \in N \setminus \{1\};$$

a – основа, база (на степен);

n – степенов показател (експонент).

Степенување со нула за $a \neq 0$ се добива еден: $a^0 = 1$, за $a \neq 0$.

Степенување со показател 1 (еден), е самиот број a , т.е. $a^1 = a$.

1.1.1. Знак на степен

$$a^n > 0, \text{ за } a > 0 \text{ и } n \in Z$$

$$(-a)^{2n} > 0 \text{ (експонент парен), } a > 0;$$

$$(-a)^{2n+1} < 0 \text{ (експонент непарен), } a > 0.$$

1.1.2. Собирање и одземање на степени

Можат да се собираат и одземаат само степени со еднакви основи и експоненти.

1.1.3. Множење на степени

а) Степени со еднакви основи се множат така што заедничката основа се степенува со збирот од показателите на множителите:

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

б) Степени со еднакви показатели се множат така што основите меѓу себе се множат, а производот се степенува на истиот показател:

$$a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$$

1.1.4. Делење со степени

а) Степени со еднакви основи се делат така што заедничката основа се степенува со разликата меѓу показателот на деленикот и на делителот,

$$\text{т.е. } a^m : a^n = a^{m-n}$$

б) Степени со еднакви показатели се делат така што основите меѓу себе се делат, а количникот се степенува со истиот показател:

$$a^n : b^n = (a : b)^n = \left(\frac{a}{b}\right)^n$$

1.1.5. Степен со негативен цел показател

$$\left(\frac{a}{b}\right)^{-n} = \left(\frac{b}{a}\right)^n; \quad a^{-n} = \frac{1}{a^n}; \quad a^n = \frac{1}{a^{-n}}; \quad (a \cdot b)^{-n} = \frac{1}{(a \cdot b)^n}.$$

1.1.6. Степенување на степен и степенување на дробка

Степен се степенува така што основата се степенува со производ од показателите:

$$(a^m)^n = a^{m \cdot n} \quad \text{или} \quad \left[(a^m)^n\right]^k = a^{m \cdot n \cdot k}$$

Дробка се степенува така што се степенуваат и броителот и именителот:

$$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$$

1.2. Коренување и операции со корени

Коренување е обратна операција од степенување.

$$\text{Од: } a = x^n \Rightarrow x = \sqrt[n]{a}$$

a – поткоренова величина (основа, радикал),

n – коренов показател,

x – корен (експонент).

1.2.1. Корен од производ е еднаков на количник од корени:

$$\sqrt[n]{a \cdot b} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \sqrt[n]{a} : \sqrt[n]{b} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}.$$

1.2.2. Корен од степен

$$\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}} = \left(\sqrt[n]{a}\right)^m.$$

1.2.3. Корен од корен

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[m \cdot n]{a} = a^{\frac{1}{m \cdot n}}.$$

1.2.4. Производ на корени со еднаква поткоренова основа, а различни коренови показатели:

$$\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[m]{a} = a^{\frac{1}{n}} \cdot a^{\frac{1}{m}} = a^{\frac{m+n}{m \cdot n}}$$

1.2.5. Количник на корени со еднаква поткоренова основа, а различни коренови показатели:

$$\sqrt[n]{a} : \sqrt[m]{a} = a^{\frac{1}{n}} : a^{\frac{1}{m}} = a^{\frac{m-n}{m \cdot n}} = \sqrt[m \cdot n]{a^{(m-n)}}.$$

1.2.6. Корен на степен

$$\left(\sqrt[n]{a}\right)^m = \left(a^{\frac{1}{n}}\right)^m = a^{\frac{m}{n}}$$

пример:

$$\left(a^{\frac{1}{3}}\right)^{10} = \sqrt[3]{a^{10}}$$

1.3. Процентуално сметање

Процент -р е стоти дел од некоја големина како целина. Се означува со ознаката [%]

Големината од која се бара одреден процент се нарекува основна вредност или главнина – к.

Процентен износ - *i* е износот на процентот (стотите делови кои се бараат) за дадена целина-к.

Функционална врска меѓу: *i*, *k* и *p* :

$$i = \frac{k \cdot p}{100} ; k = \frac{100 \cdot i}{p} ; p = \frac{100 \cdot i}{k}$$

пример: Зададена е сила F (основна вредност-к) . Колкава вредност ќе има силата ако се зголеми за (p=) 23,3% ?

$$F_1 = F + \frac{23,3}{100}F = (1 + 0,233)F = 1,233F ; (i = \frac{F \cdot 23,3}{100})$$

1.4. Тригонометрија

Мерење на агли и лакови од круг се врши со единечни агли и единечни лакови кои се викаат: радијан, степен, градиус, илјадити.

Радијан (1 rad) е мерка на лак од централен агол кој е однос на кружниот лак кон радиусот на кругот на кој припаѓа тој лак од централен агол каде должината на лакот е еднаква на радиусот.

Еден степен е 360-ти дел од полн агол како единичен агол или единечен лак и се означува со 1°, а помали делови од степен се во минута и секунда.

$$1^\circ = 60' = 3600'' ; 1' = 60'' ; 1'' = \frac{1'}{60} = \frac{1^\circ}{3600}$$

Претворање од степени, минути, секунди во степени со децимали

пример:

$$48^{\circ}23'15'' = 48^{\circ} + 23' + \frac{15}{60} = 48^{\circ} + \frac{23}{60} + \frac{15}{3600} = 48,3875^{\circ}$$

1.4.1. Преминување од еден во друг систем на единици мерки

$\frac{A}{\pi} = \frac{B}{180^{\circ}}$ каде А – број на радијани од некој агол, В – број на степени од некој агол.

$$1rad = 1^{\circ} \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$1^{\circ} = 1rad \cdot \frac{180}{\pi}$$

пример:

Колку радијани се $48^{\circ}23'15''$? $A[rad] = \frac{48,3875^{\circ} \cdot \pi}{180^{\circ}} = 0.8441$;

Колку степени се 1,71362 радијани? $B[^{\circ}] = \frac{1.71362 \cdot 180^{\circ}}{\pi} = 98.233^{\circ}$;

$$98.233^{\circ} = 98^{\circ} + 0.233 \cdot 60 = 98^{\circ}13' + 0.98 \cdot 60 = 98^{\circ}13'58'' + 0.8 \cdot 60 = 98^{\circ}13'58''48'''$$

1.4.2. Основни функции кај правоаголен триаголник

Синус

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{\text{спротив.кат.на}\alpha}{\text{хипотенуза}}; \sin \beta = \frac{b}{c} = \frac{\text{спротив.кат.на}\beta}{\text{хипотенуза}}$$

Косинус

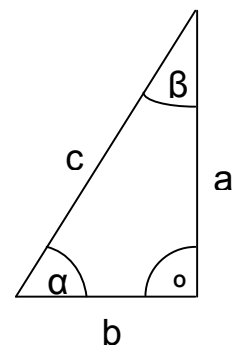
$$\cos \alpha = \frac{b}{c} = \frac{\text{налег.кат.на}\alpha}{\text{хипотенуза}}; \cos \beta = \frac{a}{c} = \frac{\text{налег.кат.на}\beta}{\text{хипотенуза}}$$

Тангенс

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b} = \frac{\text{спротив.кат.на}\alpha}{\text{налег.кат.на}\alpha}; \operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a} = \frac{\text{спротив.кат.на}\beta}{\text{налег.кат.на}\beta}$$

Котангенс

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a} = \frac{\text{налег.кат.на}\alpha}{\text{спротив.кат.на}\alpha}; \operatorname{ctg} \beta = \frac{a}{b} = \frac{\text{налег.кат.на}\beta}{\text{спротив.кат.на}\beta}$$



1.4.3. Операции со тригонометриски функции - Функции на збир/разлика од агли

$$\begin{aligned}\sin(\alpha + \beta) &= \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta; & \operatorname{tg}(\alpha + \beta) &= \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}; \\ \sin(\alpha - \beta) &= \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta; & \operatorname{tg}(\alpha - \beta) &= \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}; \\ \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta; & \operatorname{ctg}(\alpha + \beta) &= \frac{\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta - 1}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}; \\ \cos(\alpha - \beta) &= \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta; & \operatorname{ctg}(\alpha - \beta) &= \frac{\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta + 1}{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta};\end{aligned}$$

1.4.4. Инверзни тригонометриски функции

$\operatorname{arc} \sin x$ е агол чиј синус е еднаков на x . Се чита: аркус синус од x .

Аналогно се дефинираат и другите инверзни функции. Сите инверзни функции се со повеќе значења што следува од периодичноста на тригонометриските функции. Имено, има бескрајно многу агли (кои се разликуваат за периодот на функцијата која одговара) чиј \sin (\cos , tg , ctg) се еднакви за дадената функција.

1.4.4.1. Основни односи и операции кај инверзните функции

$$\begin{aligned}\sin(\operatorname{Arc} \sin x) &= x; & \operatorname{Arc} \sin x + \operatorname{Arc} \cos x &= \frac{\pi}{2}; \\ \cos(\operatorname{Arc} \cos x) &= x; & \operatorname{Arctg} x + \operatorname{Arcctg} x &= \frac{\pi}{2}; \\ \operatorname{tg}(\operatorname{Arctg} x) &= x; & & \\ \operatorname{ctg}(\operatorname{Arcctg} x) &= x. & & \end{aligned}$$

$$\operatorname{Arc} \sin x \pm \operatorname{Arc} \sin y = \operatorname{Arc} \sin(x\sqrt{1-y^2} \pm y\sqrt{1-x^2}).$$

1.4.4.2. Инверзните функции на негативни аргументи

$$\begin{aligned}\operatorname{Arc} \sin(-x) &= -\operatorname{Arc} \sin x; \\ \operatorname{Arc} \cos(-x) &= -\operatorname{Arc} \cos x + \pi; \\ \operatorname{Arctg}(-x) &= -\operatorname{Arctg}(-x); \\ \operatorname{Arcctg}(-x) &= \operatorname{Arcctg} x + \pi.\end{aligned}$$

1.5. Работа со калкулатор

Вашиот калкулатор може да пресметува во различни системи на единици мерки. Со притискање на копчето DRG се менуваат системите:

- DEG – внесува и прикажува вредности во мерка *степен*
- RAD – внесува и прикажува вредности во мерка *радијани*
- GRAD - внесува и прикажува вредности во *градуси*

А) Претворање на агол од форматот минути/степени/минути во децимален формат
→DEG 2ndF →DMS

Б) Операции со логоритам

ln	Пресметува логоритам со основа е ($e=2.718281828$)
2ndF e^x	Пресметува антилогоритам со основа е од прикажаниот број
log	Пресметува логоритам со основа 10
2ndF 10^x	Пресметува антилогоритам со основа 10

В) Степенување и коренување

y^x	Внесениот број го крева на степен x (пример: $2 y^x 3 = 2^3 = 8$)
2ndF $\sqrt[x]{y}$	Пресметува x -ти корен од внесениот број (пример: $8 \text{ 2ndF } \sqrt[x]{y} 3 = 2$)
$\sqrt{\quad}$	Пресметува квадратен корен од внесениот број
2ndF $\sqrt[3]{\quad}$	Пресметува трети корен од внесениот број (пример: $8 \text{ 2ndF } \sqrt[3]{\quad} = 2$)
x^2	Пресметува квадрат од внесениот број
2ndF $1/x$	Пресметува реципрочна вредност на внесениот број

Г) Работа со меморирање на вредности

$x \rightarrow M$	Ги брише податоците запомнети во меморијата и го запомнува прикажаниот број
RM	Ги прикажува податоците запомнети во меморијата. По употреба на ова копче податоците остануваат во меморијата.
M+	Ја додава прикажаната вредност во меморија

Наведените операции може да имаат отстапување во зависност од производителот на калкулаторот, поради тоа потребно е да се прочита упатството од производителот на вашиот калкулатор.

Современите калкулатори овозможуваат непрекинато задавање на пресметките со определена синтакса што пресметката ја прави удобна.

Се разбира за елиминирање на грешки во пресметувањето многу е битно добро познавање на можностите на калкулаторот .

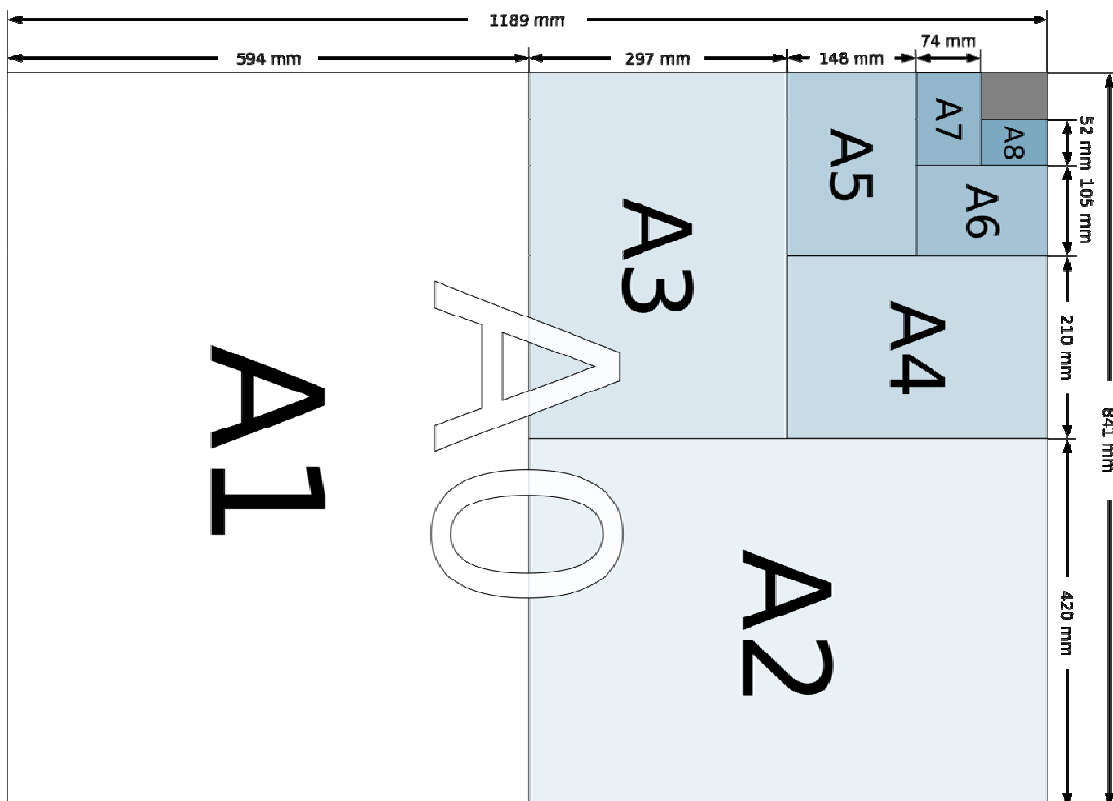
2. ИНЖЕНЕРСКА ГРАФИКА

2.1. Формати и размери

Формат	Димензии во милиметри
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297
A5	148 x 210
A6	105 x 148

Стандардни размери

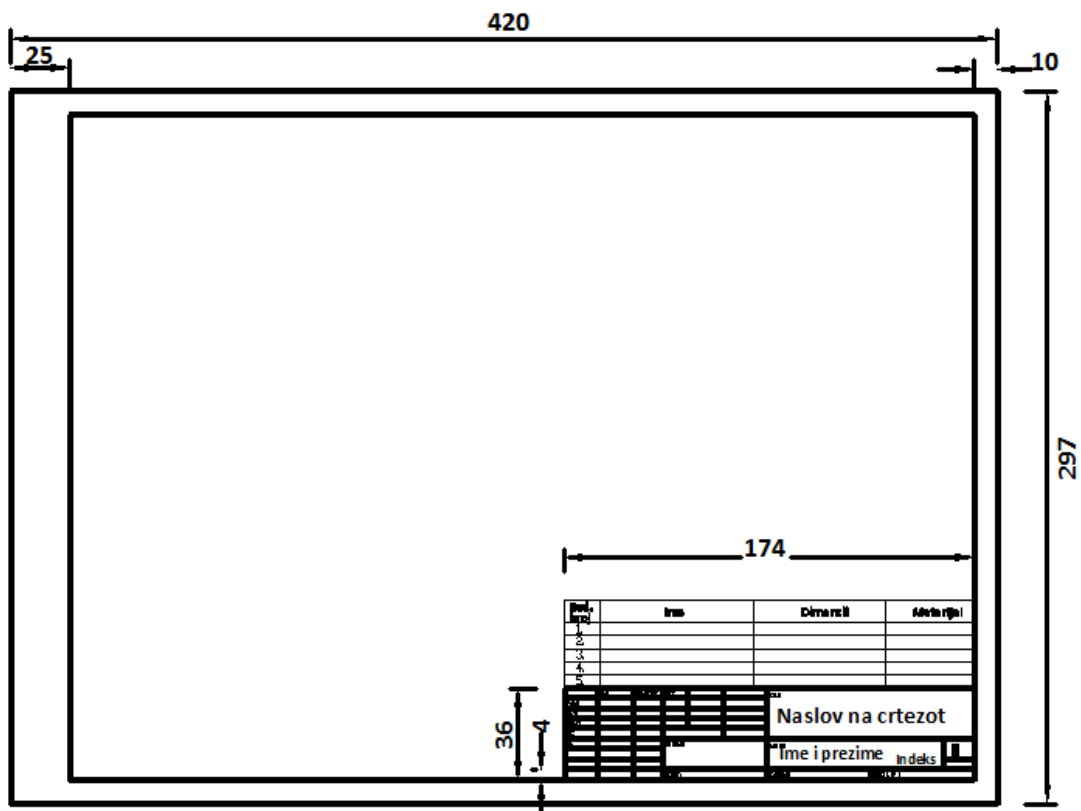
Природна големина	1 : 1		
Намалување	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	1 : 20	1 : 50	1 : 100
	1 : 200	1 : 500	1 : 1000
Зголемување	2 : 1	5 : 1	10 : 1



2.2. Работилнички цртеж

Изработката на работилнички цртеж на машински дел настанува во две цртачки фази: скицирање и финално претставување. Скицирањето се изведува слободорачно со внесување на сите елементи и податоци потребни за работилничкиот цртеж. Потоа скицата со прецизно исцртување се претвора во работилнички цртеж. Редоследот на операциите, потребни за изработка на скицата за работилнички цртеж на машински дел, е следен:

- Се создава визуелна претстава за машинскиот дел што се скицира
- Се одредува колку погледи и пресеци се потребни за машинскиот дел
- Се одредува размер за цртање во однос на големината на хартијата
- Се исцртуваат потребните погледи на машинскиот дел
- Се дефинираат пресечни рамнини и се цртаат пресеците
- Се котира машинскиот дел
- Се внесуваат знаци за квалитет на површинска обработка
- Се внесуваат толеранции
- Се дефинира материјал и евентуално површинската и термичката заштита
- Се внесуваат останати податоци потребни за изработка на машинскиот дел.

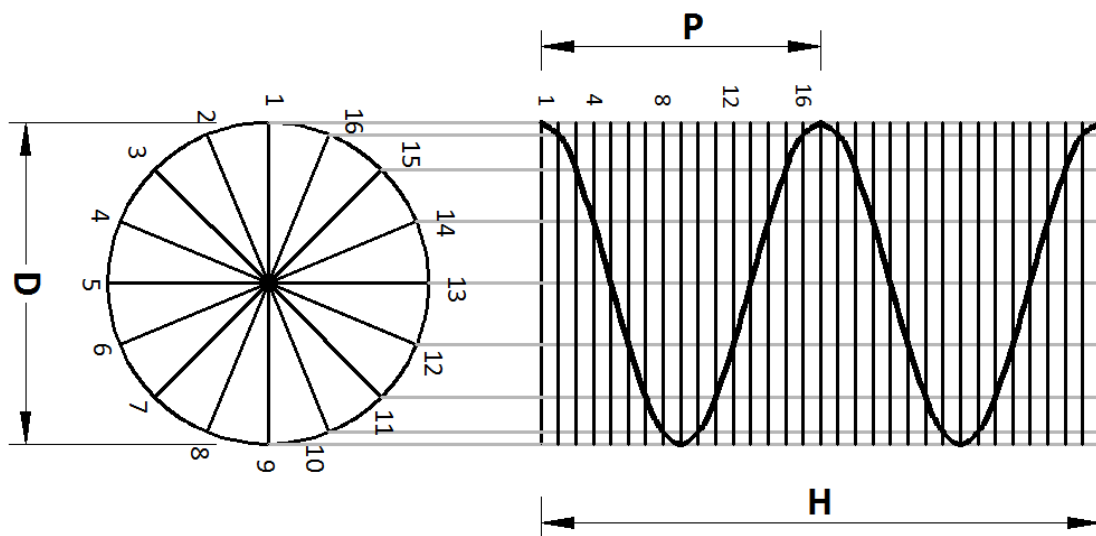


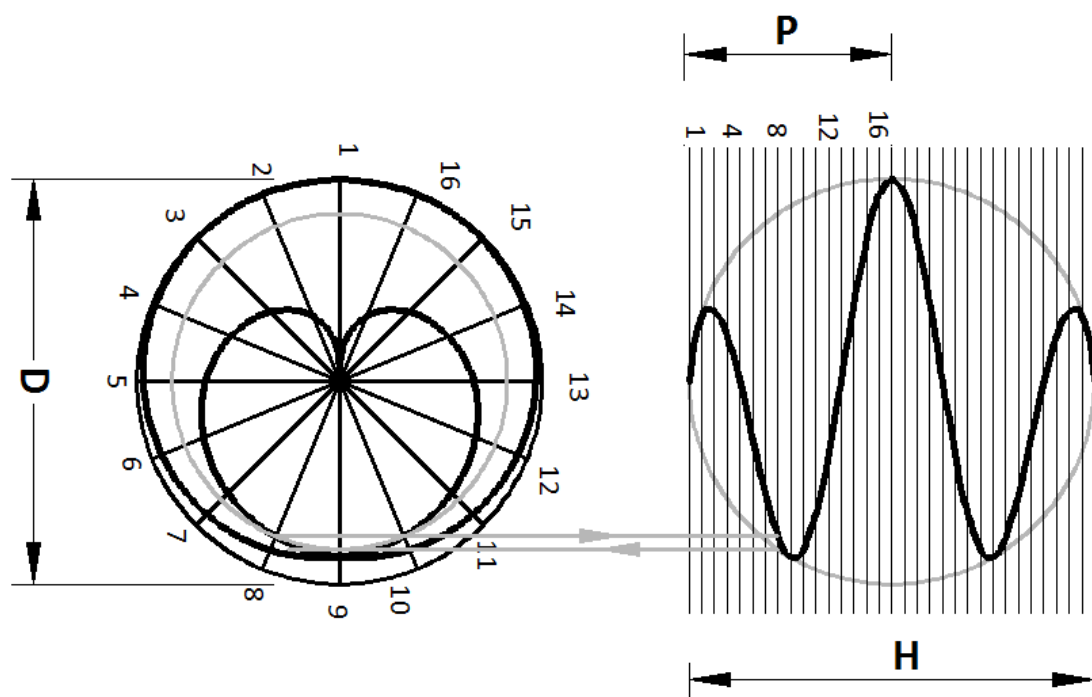
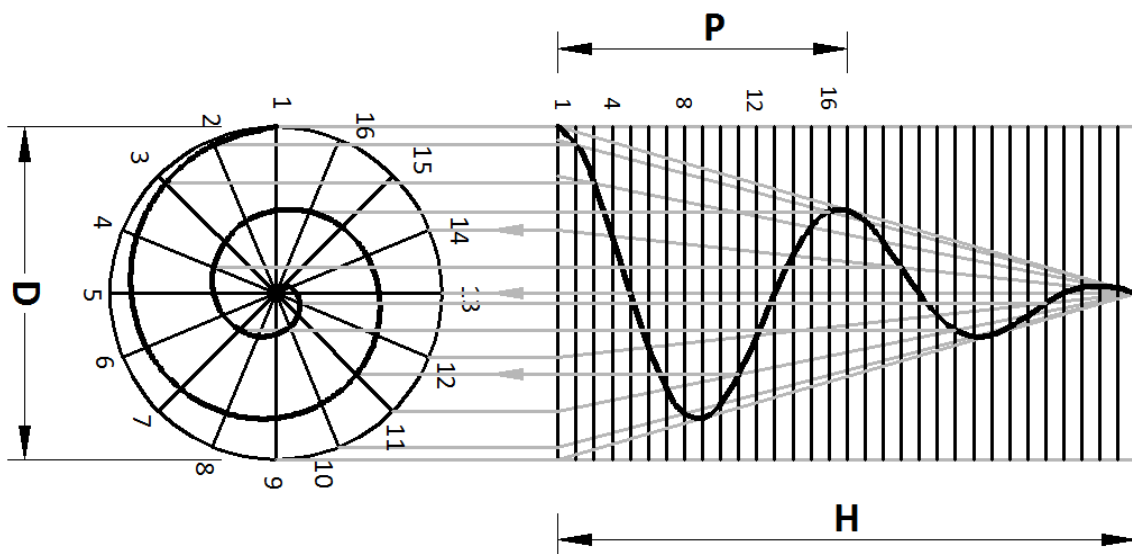
ДОМАШНА РАБОТА БР. 1

Цртање навојница и навојна површина

Машинските делови, склопови и групи кои влегуваат во состав на една машина, зависно од функцијата меѓусебно се поврзани со разни видови на врски. Основна задача на секоја врска на машинските делови е пренесување на оптоварување од еден дел на друг под услов цврстината на врската да одговара на цврстината на деловите.

Основни геометриски и кинематски елементи на навојот се: навојници и навојни површини. Постојат два типа и тоа цилиндрична и конична навојница. Под кружна цилиндрична **навојница** се подразбира просторна крива линија која лежи на обвивката на еден цилиндар а настанува со намотување на една права линија која изводницата на цилиндарот ја сече под константен агол од 0 до $\pi/2$ радијани. Кружна конична навојница лежи на обвивката на еден конус. **Чекор на навојницата P_h** е аксијално растојание помеѓу две последователни точки на пресекот на навојницата со изводницата на обвивката на цилиндарот односно аксијално растојание на една точка на навојницата изминато за еден цел вртеж околу нејзината оска. Надворешен навој е оној навој кој е формиран на надворешната површина на обвивката на цилиндарот а внатрешен на внатрешната површина. Притоа се разликуваат лев и десен навој. Десен навој е оној кој гледајќи во правец на насоката се навива во насока на стрелката на часовникот и притоа се одалечува, додека левиот навој при истите услови се навива во насока спротивна на стрелките од часовникот и истотака се одалечува. **Навојна површина** или хеликоид е површина која настанува со навојното движење на праволиниска изводница околу неподвижна оска. Пресекот на навојната површина со било кој цилиндар чија оска се совпаѓа со оската на хеликоидот дава цилиндрична навојница. Во зависност од положбата на изводницата према оската на хеликоидот се разликуваат неколку типови на навојни површини.





Графички приказ на цилиндрична, конусна и сферна навојницата

Постапката на цртање на навојниците се состои од следните чекори:

1. Цилиндрична десна навојница

- се цртаат првата и втората проекција на цилиндарот со пречник D и висина H .
- првата проекција - круг со дијаметар D се дели на еднакви делови (во овој случај 16 еднакви дела) кои се нумерирани обратно од насоката на движење на стрелките на часовникот.
- втората проекција на цилиндарот е правоаголник со висина H која е еднаква на два чекори P . Чекорите P се делат на ист број поделби како првата проекција (во овој случај 16 еднакви дела), нумерирани од долу нагоре.
- од првата проекција нагоре се повлекуваат вертикални линии од точките на поделбите на кругот до пресекот на соодветните хоризонталните поделби на чекорот.
- пресекот на вертикалните линии и поделбите на чекорот (хоризонталните линии) ги даваат точките на навојницата.
- со слободна рака поврзете ги точките со што се добива проекција на цилиндричната десна навојница.

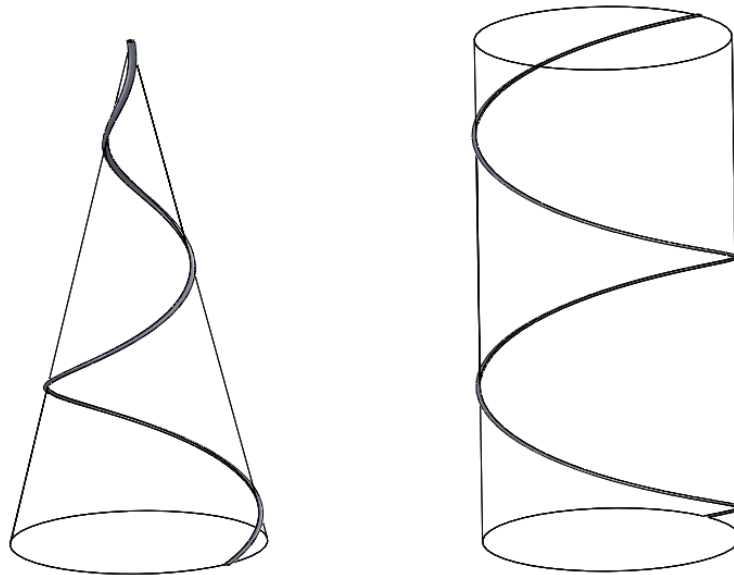
2. Конусна десна навојница

- се цртаат првата и втората проекција на конусот со пречник D и висина H .
- првата проекција - круг со дијаметар D се дели на еднакви делови (во овој случај 16 еднакви дела) кои се нумерирани обратно од насоката на движење на стрелките на часовникот.
- втората проекција на конусот е рамнокрак триаголник со основа D и висина H . Висината е еднаква на два чекори P . Чекорите P се делат на ист број поделби како првата проекција (во овој случај 16 еднакви дела), нумерирани од долу нагоре.
- од првата проекција нагоре се повлекуваат вертикални линии од точките на поделбите на кругот до пресекот со основата на втората проекција (основата на рамнокракиот триаголник). Од пресечните точки се повлекуваат изводници до врвот на триаголникот.
- пресекот на изводниците со поделбите на чекорот (хоризонталните линии) ги даваат точките на навојницата во втората проекција.
- со слободна рака поврзете ги точките со што се добива втора проекција на конусната десна навојница.
- точките од првата проекција на навојницата се добиваат со спуштање вертикални линии од вторите проекции на точките на навојницата до пресекот со соодветните поделби на кругот во прва проекција.

3. Сферна десна навојница

- се цртаат првата и втората проекција на топката кои се кругови со пречник D .
- во првата проекција кругот со дијаметар D се дели на еднакви делови (во овој случај 16 еднакви дела) кои се нумерирани во правец на кружното движење на точката за оформување на навојницата.

- втората проекција на топката е круг со пречник D . Пречникот на кругот е еднаков на два чекори P . Чекорите P се делат на ист број поделби како првата проекција (во овој случај 16 еднакви дела), нумерирани од долу нагоре.
- пресекот на хоризонталните линии (поделби) со кругот во втората проекција, претставува радиус на помошен круг кој треба да се нацрта во првата проекција. Пресекот на помошниот круг со соодветната поделба ја дава точката од сферната навојница во прва проекција.
- втората проекција на горе наведената точка се добива кога ќе се повлече вертикална линија од нејзината прва проекција до пресекот со соодветната поделба на чекорот во втората проекција.
- со слободна рака поврзете ги точките.



Просторен приказ на конусна и цилиндрична навојницата

ДОМАШНА РАБОТА БР. 2 (слика 2.3а, 2.3б и 2.4 првата слика)

Спојување со завртка и навртка

Основни елементи на навојот се:

- α - Агол на навојот
- d, D - Надворешен дијаметар на навојот
- d_1, D_1 - Внатрешен дијаметар на навојот
- $d_2=D_2$ - Среден дијаметар на навојот
- P - Чекор на навојот
- P_h - Висина на одот на навојот
- h_1 - Длабочина на навојот
- H_1 - Длабочина на носење на навојот
- R - Радиус на заоблување на дното на навојот
- L - Должина на навојот

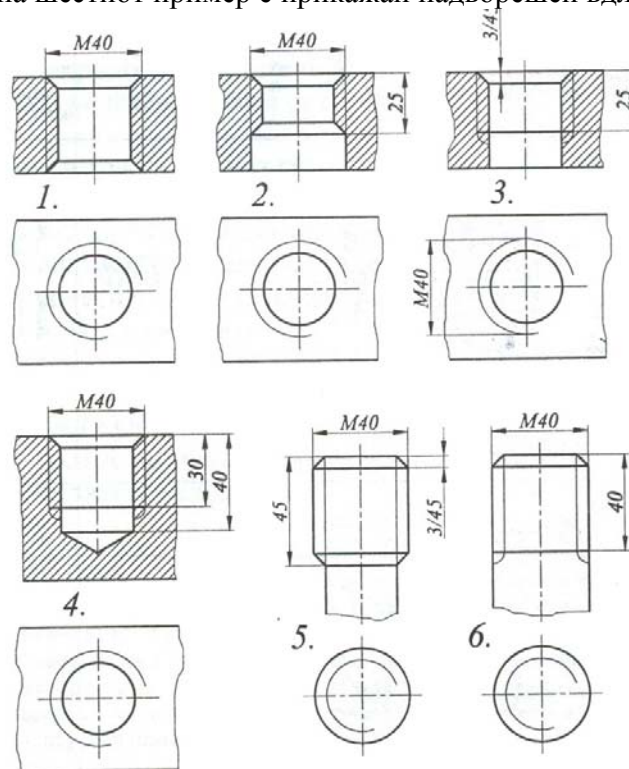
На сликата 2.1. детално се прикажани најупотребуваните навои и нивното котирање. Прикажан е метрички со триаголност профил, витвортов, трапезен и кос трапезен навој. Метрички или милиметарски навој се користи во поновите конструкции. Додека витвортовите или цолните профили се користат кај навоите на резервните делови и кај цевните навои, другите се користат за специјална намена.

Профил на навој	Ознака	Котирање
	Md	<p>M20x1.5 - метрички фин навој со $d=20\text{mm}$ и чекор $P=1.5\text{mm}$</p>
	Wd" и Rd"	<p>W1" - витвортов цолан навој со $d=1"$ (називен дијаметар е внатрешниот дијаметар на цевката) R1/4" - цолан цолан навој</p>
	Trd	<p>Tr25x3 - цолан трапезен навој со $d=25\text{mm}$, чекор $P=3\text{mm}$</p>
	Sd	<p>Sd40x10P5 - цолан повеќеконусен кос навој со $d=40\text{mm}$, чекор $P=5\text{mm}$, висина на од $P_h=10\text{mm}$</p>

Слика 2.1. Видови навои и нивно претставување и котирање

Рамнинската фигура која навојно ротира во однос на стеблото или отворот, може да завзема две положби, при тоа што се добива **испакнат и вдлабнат навој**.

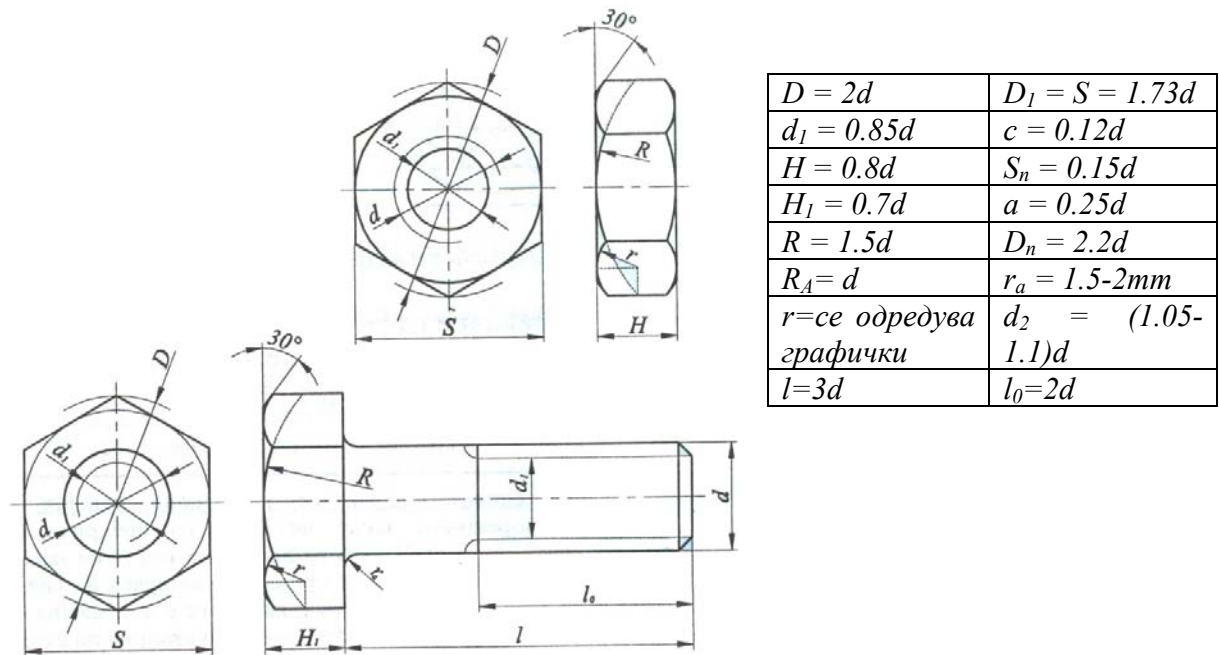
На сликата 2.2. е прикажан начинот на претставување на внатрешен и надворешен испакнат и вдлабнат навој. Навојот се претставува упросто така, што врвот на забот се црта со дебела линија, а коренот на забот – со тенка линија. Во поглед одгоре, врвот на забот се црта со цел круг, а коренот на забот – со три четвртини од кругот, со тоа што не смее да заврши на оската. На првиот пример е презентиран внатрешен навој со закосувања од двете страни. Закосувањата се изведуваат заради полесно навлегување на завртката. На вториот пример е прикажан внатрешен испакнат навој. На третиот пример е даден вдлабнат внатрешен навој врежан во отвор кој не поминува низ целата длабочина на материјалот. Отворот завршува со конусен завршеток под агол од 120° . На петтиот пример е прикажан надворешен испакнат навој, и на шестиот пример е прикажан надворешен вдлабнат навој.



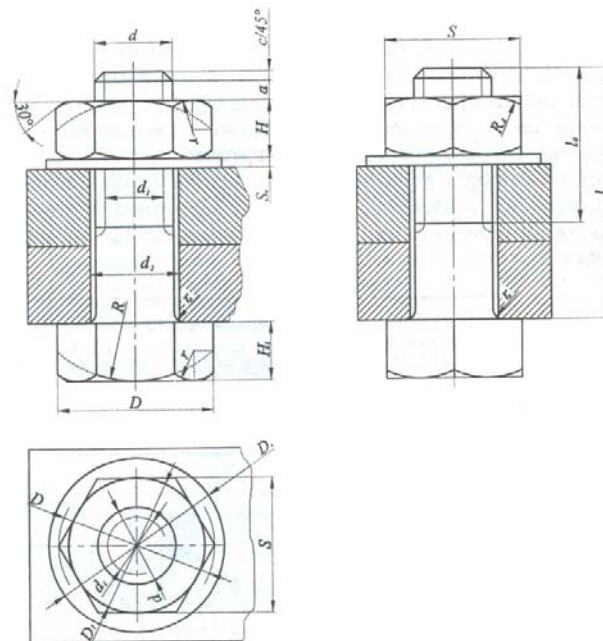
Слика 2.2. Внатрешен (1,2,3,4) и надворешен (5,6), испакнат (2,5) и вдлабнат (3,4,6) навој

Врската на два или повеќе делови во машинските склопови може да биде неразделна и разделна. Неразделна врска се остварува со заварување, залепување или заковување на деловите. Разделна врска се остварува со прицврстување на деловите со **завртка и навртка**. Завртката претставува машински елемент добиен од навојно тело со надворешна навојна површина, а навртката претставува машински елемент добиен од навојно тело со внатрешна навојна површина. Димензиите и видот на навртките и завртките се строго стандардизирани. Димензиите се табеларно претставени во машинските прирачници.

На сликата 2.3а е прикажано претсавување на завртка и навртка и нивно димензионирање. На сликата 2.3б е прикажан спој на две плочи со завртка и навртка во три погледи – пресеци. Навртката содржи внатрешен навој, а завртката – надворешен навој. Сите димензии на завртката, навртката и подлошката зависат од надворешниот дијаметар на навојот d .



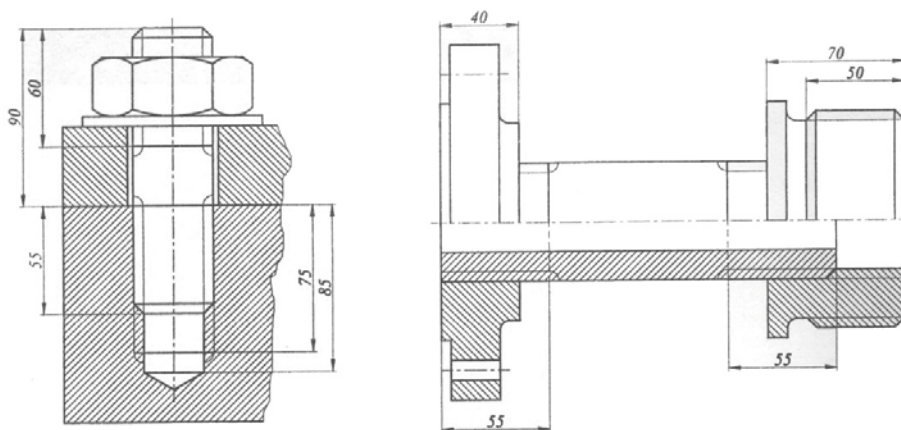
Слика 2.3а Завртка и навртка



Слика 2.3б Спој на две плочи со завртка и навртка

Основните принципи на упростено прикажување на навој се користат и за навојни делови во склоп, при што на делот на навојот кој е во склоп надворешниот навој, секогаш го прекрива внатрешниот навој.

На сликата 2.4. се прикажани навојни делови во склоп. Надворешниот навој визуелно го прекрива внатрешниот навој. Дебелата линија што го дефинира врвот на надворешниот навој, по неговото завршување преминува на врвот на внатрешниот навој. Тоа се гледа на првата слика, каде што е прикажана навојна врска на два склопени елементи. Истото е прикажано и на втората слика, каде што се склопени три елементи.



Слика 2.4. Склопени навојни делови

2.5. Означување квалитет на површинска обработка

Означувањето на квалитетот на површините се врши по важечките стандарди кои се во склад со ISO 1302. Пропишани се знаците за квалитет на површинска обработка со одредена геометриска форма и со бројна вредност на степенот на најголемата дозволена рапавост на површините.

На сликата 2.5. е претставен знак за обележување на квалитетот на површините. Знаците по својата геометриска форма претставуваат рамностран триаголник со продолжен крак. Димензиите на знакот зависат од големината на форматот на цртежот (за A3 формат рамностранниот триаголник е со висина 5mm, а целиот знак – 10 mm). Значењето на симболите е прикажано во извадокот од ISO стандардот.

N8	3.2	N8	N8
			N4

Слика 2.5. Симболи за означување на квалитет на површинска обработка

Површинската раповост се дефинира со задавање на бројна вредност над знакот или над ставката за површинска обработка во μm или внесување на ознака на класата на површинската обработка од следната табела:

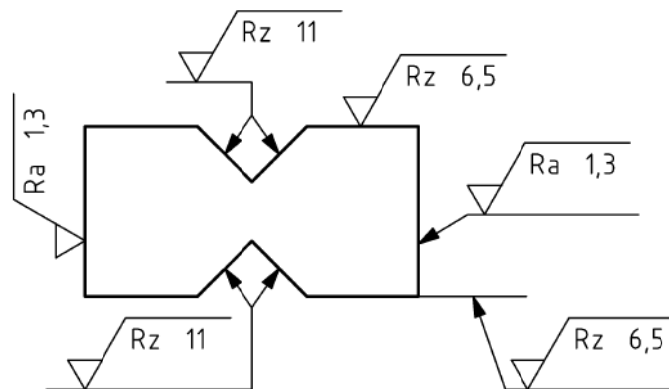
Ознаки за квалитет на површинска обработка

Најголема вредност на Ra во μm	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50
Класа на површинска раповост	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Примена	Најпрецизни површини (контролни мерила)			Многу прецизни мазни површини			Мазни површини			Груби површини		Многу груби површини
							Цврсто налегнување					

Извадок од стандардот ISO 1302

Basic symbol

	c	d Lay	a Surface parameter
	e	= Parallel L Perpendicular X Cross-hatch M Multi-directional C Circular R Radial P Particulate	D F S-L / Rz N C V D Tolerance direction, upper (U) or lower (L) F Filter type, for example "2RC" S Short filter cutoff, for removing noise L Long filter cutoff, for removing waviness R Profile type, primary (P), waviness (W), or roughness (R) z Parameter type, for example "a" for Ra or "3z" for Rz N Assessment length; multiple of sampling length, usually 5 C Comparison rule, "max" for 100%, "16%" for 116% V Specified value in micrometers
b Secondary surface parameter	c Manufacturing method	e Minimum material removal	
<input checked="" type="checkbox"/>	Material removal not allowed	<input checked="" type="checkbox"/>	Material removal required



3. ОЗНАЧУВАЊЕ НА ЧЕЛИЦИТЕ СПОРЕД EN10027

Начинот на означување на челиците според CEN (Европската комисија за стандардизација) е одреден во стандардот EN10027 во два дела:

- Дел 1 - Означување со карактери
- Дел 2 - Означување со бројки

Името на челикот претставува комбинација од знаци и бројки какошто е опишано во EN10027-1. Со овој систем на означување, имињата на челиците се поделени во две групи. Системот е сличен, меѓутоа не идентичен со оној одреден со ISO техничкиот запис (ISO TR4949:1989 „Означување на челици со карактерни симболи“).

3.1 Означување со карактери

Имињата на челикот од групата 1 според стандардот EN10027-1 се однесува на челици кои се означени според нивната употреба или физички особини. Овие челици имаат ознаки кои се составени од еден или повеќе карактери, во зависност од употребата, на кои следи нумерички карактер во зависност од особините на челикот. На пример, името на конструктивниот челик почнува со S, челици за садови под притисок со P, пр. P275N, челикот за цевководи почнува со карактерот L, челик за изработка на машински делови (E), за зајакнување на бетон (B), за преднапрегање на бетон (Y), челикот за изработка на шини (R), челик за плоскати продукти (D), плоскати продукти со висока јакост (H), продукти од тенок валан лим (T), челици за употреба во електрониката (M).

Означувањето на челиците од групата 2 се состои од означување на челици според нивниот хемиски состав, кои понатаму се делат во четири под-групи во зависност од количината на легирачки елемент.

Примери на ознаки од оваа група 2:

EN10222-2 Име на челикот 13CrMo4-5

EN10250-4 Име на челикот X2CrNi18-9

3.2 Означување со броеви

Стандардот EN10027-2 го опишува начинот на означување на бројот на челикот, кој може да го дополнува името на челикот опишан погоре. Бројот се состои од конечен број на карактери и е повеќе погоден од ознаките со карактери при процес на обработка на податоци. Ознаката е во форма на 1.XXXX, кадешто 1.означува челик. Првите 2 карактери после „1“ ја означуваат групата на челици.

Примери на означувања на челици од оваа група се:

EN10222-2 Име на челикот 13CrMo4-5, Број на челикот 1.7335

EN10250-4 Име на челикот X2CrNi18-9, Број на челикот 1.4307

Ознака		Re [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]
Општи конструктивни челици (EN 10025)			
S235 (Č0370)	1.0037	235	340-470
S275 (Č0451)	1.0044	275	410-560
S355 (Č0561)	1.0045	355	490-630
E295 (Č0545)	1.005	295	470-610
E335 (Č0645)	1.006	335	570-710
E360 (Č0745)	1.007	360	670-830

Компаративна табела на челици по JUS и EN стандард

4. МЕХАНИКА

4.1. Основни закони на механиката

Силата се дефинира како причина за промената на положбата на едно тело, т.е. ако телото мирува - да се придвижи, а ако телото се движи - да го промени своето движење или да запре. Во двата случаја треба да постои некоја причина која ќе ја промени положбата на телото, а тоа е силата.

Секоја сила е одредена со четири елементи

- големина, т.е. интензитет, бројна вредност или јачина на силата
- нападната точка во која дејствува силата
- правец на силата
- насока на дејство на силата

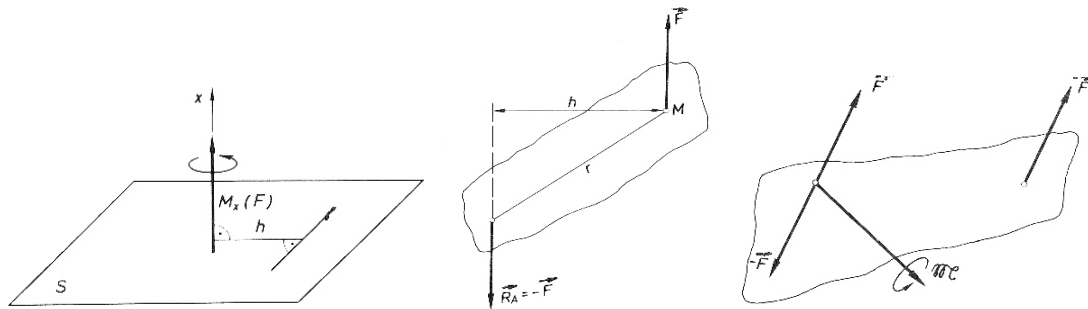
Момент на сила во однос на оската претставува дејство на сила на нормално растојание h во однос на оската. Доколку нападната линија на силата ја пресекува оската во однос на која се пресметува моментот или доколку силата и оската се паралелни, моментот е еднаков на нула.

$$M_x = \pm F \cdot h \quad [\text{Nm}]$$

Спрег на сили претставува систем од две паралелни, спротивно насочени сили со ист интензитет, кои дејствуваат на две различни точки на некое круто тело. Резултантниот момент на тие две сили го прават моментот на спрегот, каде што растојанието h претставува крак на спрегот. Големината на моментот на спрегот не зависи од изборот на положбата на точките во однос на кои се пресметува моментот на спрегот на сили.

Редукција на сила во одредена точка претставува поместување на векторот на силата во друга нападната точка, на одредено нормално растојание. Редукцијата на

силата е на поместена сила со ист интензитет, правец и насока и спрег на сили со крак еднаков на нормалното растојание.



Момент на сила во однос на оска, спрег на сили и редукција на сила во точка

Работа претставува дејство извршено на сила F која ја поместува точката на дејствување на растојание s , во насока на нејзиното дејствување.

$$A = F \cdot s \quad [J]$$

Под поимот силина (моќност, снага) односно силина се подразбира извршената работа во единица време.

$$P = \frac{A}{t} \quad [W]$$

I Њутнов закон:

Секое тело останува во состојба на мирување, или во состојба на праволиниско рамномерно движење, се додека на телото не дејствува некоја сила и не ја промени таа состојба.

Ако не дејствува никаква сила, телото ќе остане во мирување или, ако се движи, ќе се движи непрекинато со иста брзина. Својството на телото да ја задржи својата првобитна положба Њутн го нарекол инертност, а самата појава инерција. Инерција се јавува само при промена на состојбата на движењето на телото.

II Њутнов закон (закон за промена на движењето):

Промената на движењето е право пропорционална на дејствувачката сила и настанува во правецот на насоката на таа сила.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

III Њутнов закон (закон за акција и реакција)

На секоја акција одговара еднаква реакција, со ист правец но со спротивна насока. Со третиот Њутнов закон се доаѓа до поимот тежина на телата. Силата на привлекување помеѓу земјата и сите тела околу неа се вика сила на земјината тежа.

$$\vec{G} = m\vec{g}$$

4.2. Видови мерни системи - Меѓународен мерен систем (SI систем)

Основни големини и употребуваните мери во машинството во овој мерен систем се:

должина - метар (m)

1 μm (микрометар) = 10^{-6} m = 10^{-3} mm (во табелите за должински толеранции)

1 mm (милиметар) = 10^{-3} m

маса – килограм (kg)

1 g (грам) = 10^{-3} kg

1 t (тон) = 10^3 kg

време – секунда (s)

1 ms (милисекунда) = $1/1000$ s

1 min (минута) = 60 s

1 h (час) = 3600 s

Изведени големини во овој мерен систем се:

сила - њутни $\Rightarrow 1[N] = 1[kg \frac{m}{s^2}]$

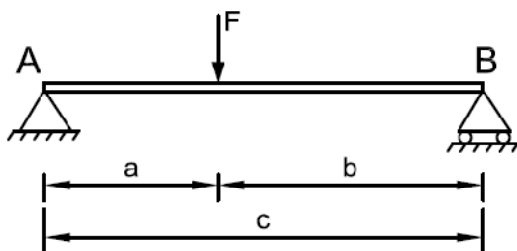
Сила од $F=1[N]$ е сила која на тело со маса $m=1[kg]$ му дава забрзување од $a=1[m/s^2]$.

4.3. Рамнински статички определени линиски носачи

4.3.1. Проста греда

Задача :

За носачот прикажан на сликата да се определат: реакциите во потпорите, статичките големини во карактеристичните пресеци и да се нацртаат дијаграмите на статичките големини.



Решение :

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ F_B \cdot c - F \cdot a &= 0 \\ F_B &= \frac{F \cdot a}{c}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ F \cdot b - F_{Ay} \cdot c &= 0 \\ F_{Ay} &= \frac{F \cdot b}{c}\end{aligned}$$

Овој услов се користи за контрола на добиените вредности. При дефинирање на условот, предмет на набљудувањето ќе бидат само вертикалните сили:

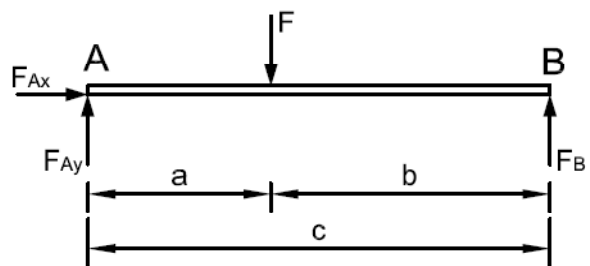
$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \\ F_{Ay} + F_B - F &= 0\end{aligned}$$

Овој услов се користи за да се определи непознатата хоризонтална реакција F_{Ax} . Повеќето на векторот е хоризонтален, насоката се претпоставува, а интензитетот се определува од равенката:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ F_{Ax} &= 0\end{aligned}$$

• Пресметка на трансверзалните сили

$$\begin{aligned}Ftr_A &= F_{Ay} \\ Ftr_1^l &= F_{Ay} \\ Ftr_1^d &= F_{Ay} - F \\ Ftr_b^l &= F_{Ay} - F \\ Ftr_B^d &= F_{Ay} - F + F_B = 0\end{aligned}$$



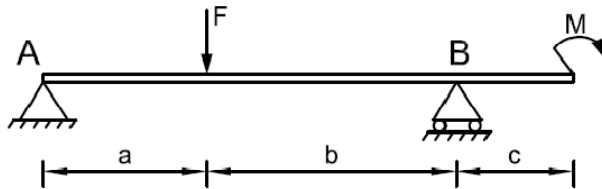
• Пресметка на нападните моменти

$$\begin{aligned}M_A &= 0 \\ M_1 &= F_{Ay} \cdot a \\ M_B &= 0\end{aligned}$$

4.3.2. Проста греда со препуст

Задача:

За носачот прикажан на сликата да се определат: реакциите во потпорите, статичките големини во карактеристичните пресеци и да се нацртаат дијаграмите на статичките големини.



Решение:

- Пресметка на реакциите во потпорите

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{Ax} = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

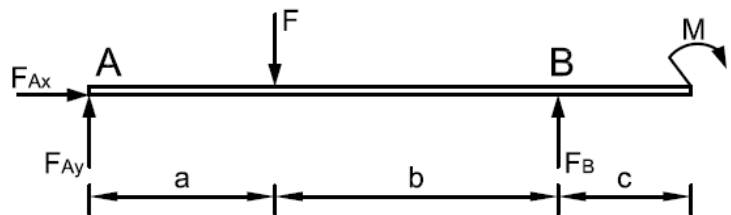
$$-M + F_B \cdot (a+b) - F \cdot a = 0$$

$$F_B = \frac{M + F \cdot a}{a+b}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_{Ay} \cdot (a+b) - F \cdot b + M = 0$$

$$F_{Ay} = \frac{F \cdot b - M}{a+b}$$



- Пресметка на трансверзалните сили

$$Ftr_A = F_{Ay}$$

$$Ftr_1^l = F_{Ay}$$

$$Ftr_1^d = F_{Ay} - F$$

$$Ftr_B^l = F_{Ay} - F$$

$$Ftr_B^d = F_{Ay} - F + F_B = 0$$

$$F_2 = 0$$

- Пресметка на нападните моменти

$$M_A = 0$$

$$M_1 = F_{Ay} \cdot a$$

$$M_B = F_{Ay} \cdot (a+b) - F \cdot b$$

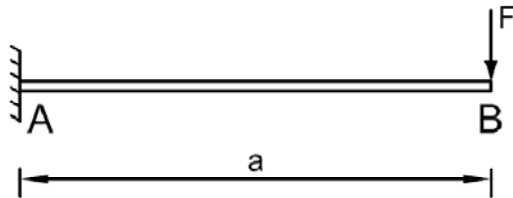
$$M_2^l = F_{Ay} \cdot (a+b+c) - F \cdot (b+c) + F_B \cdot c = -M$$

$$M_2^d = 0$$

4.3.3. Конзола

Задача:

За носачот прикажан на сликата да се определат: реакциите во потпорите, статичките големини во карактеристичните пресеци и да се нацртаат дијаграмите на статичките големини.



Решение:

- Пресметка на реакциите во потпорите

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{Ax} = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

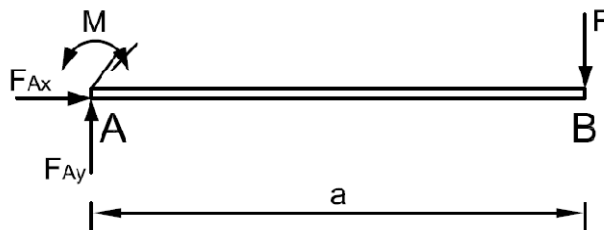
$$F \cdot a + m_A = 0$$

$$m_A = -F \cdot a$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_{Ay} \cdot a - m_A = 0$$

$$F_{Ay} = \frac{m_A}{a}$$



- Пресметка на трансверзалните сили

$$Ftr_A = F_{Ay}$$

$$Ftr_B^l = F_{Ay}$$

$$Ftr_B^d = F_{Ay} - F = 0$$

- Пресметка на нападните моменти

$$M_A = -m_A$$

$$M_B = -m_A + F_{Ay} \cdot a = 0$$

5. Јакост

Изучувањето на јакоста на материјалите претставува разбирање на основните поими на напрегање, напон и деформација, кои се јавуваат како резултат на состојба на дејство на оптоварувања на некое тело. Состојбата на машинскиот дел која настанува под дејство на надворешните сили-оптоварувањето, што се карактеризира со појава на деформации и соодветен внатрешен отпор (напон) се нарекува **напрегање**. Според тоа напрегањето е надворешно оптоварување на машинскиот дел изразено преку сила, а сведено на единица површина.

Во зависност од тоа како е оптоварено разгледуваното тело разликуваме пет основни вида на напрегање: аксијално (збивање или истегнување), смолкнување, свиткување, торзија и извивање.

Под **деформација** (ϵ) се подразбира релативна промена на должината на некое тело во однос на првобитната под дејство на надворешни сили.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Напонот претставува величина што го карактеризира интензитетот на внатрешните сили во некоја точка на замислениот пресек на машинскиот дел, со кој материјалот се спротивставува на деформирањето. Според тоа машинските делови се изложени на определени напрегања, а трпат соодветен напон.

$$\text{напон – при.напрегање – истегнување} = \frac{\text{сила}}{\text{површина}} = \frac{F}{A} \Rightarrow \frac{[N]}{[mm^2]}$$

$$\text{напон – при.напрегање – свиткување} = \frac{\text{момент на свиткување}}{\text{аксијален отпорен момент}} = \frac{M_s}{Z} \Rightarrow \frac{[Nmm]}{[mm^3]}$$

$$\text{напон – при.напрегање – усукување} = \frac{\text{вртежен момент}}{\text{поларен отпорен момент}} = \frac{T}{Z_0} \Rightarrow \frac{[Nmm]}{[mm^3]}$$

Пресметување на напонот– p , кој се јавува во одредена точка од напречниот пресек е непрактично. Од тие причини пресметките се изведуваат со неговите нормална- (σ) и тангенцијална- (τ) компонента. Напонот, а со тоа и неговите компоненти најчесто не се рамномерно распределени по напречниот пресек. Напоните кои се

добиваат со пресметка се нарекуваат номинални. Овие напони се разликуваат од реалните.

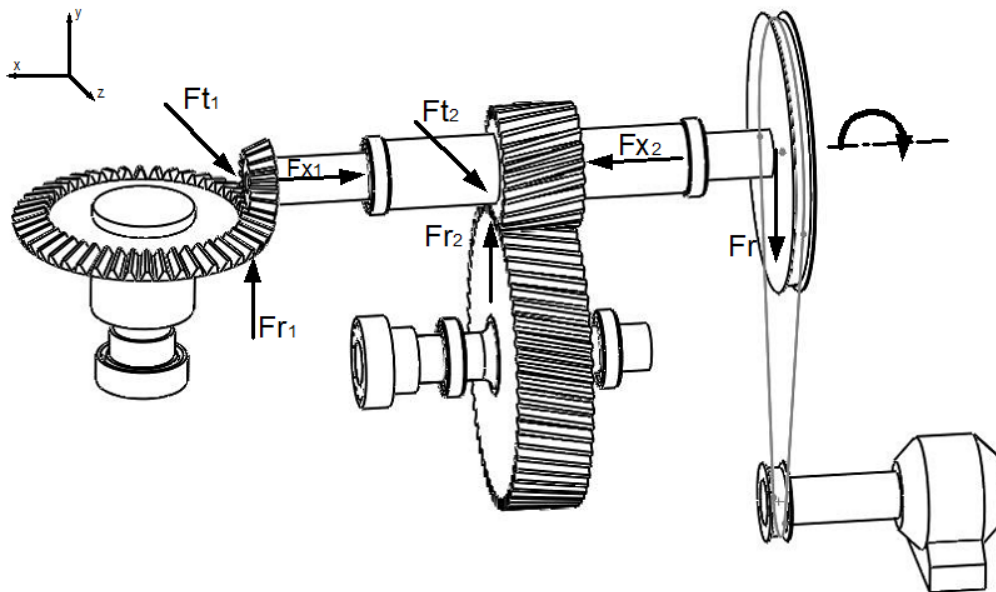
Во инженериските пресметки од интерес се најголемите номинални напони што се јавуваат во одреден пресек на оптоварениот дел. Овие напони се нарекуваат главни напони.

Нормалниот напон (σ) е напон што дејствува нормално во точка од замислениот пресек на телото кое е изложено на дејство на надворешни сили. Пример на нормални напони можат да бидат напон при збивање или истегнување. При дејство на сила нормално на напречниот пресек на некоја прачка, под напон на збивање се подразбира оној напон кој има насока да ја намали должината на прачката додека под напон на истегнување оној напон кој има насока да ја зголеми односно да ја раздели прачката. **Тангенцијален напон (τ)** претставува напон што лежи во површината на напречниот пресек.

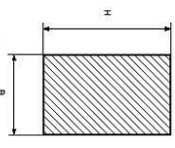
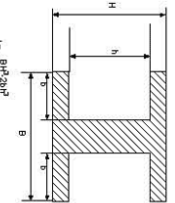
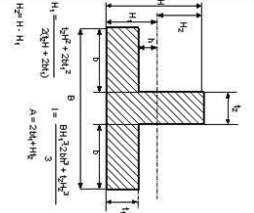
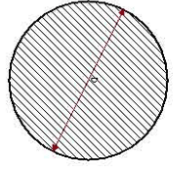
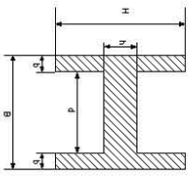
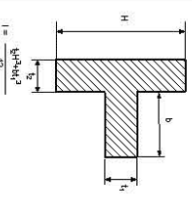
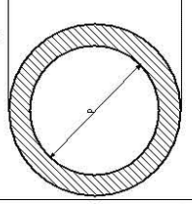
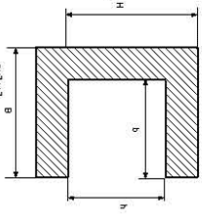
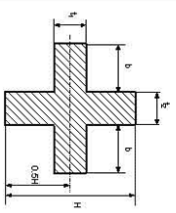
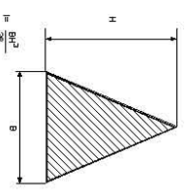
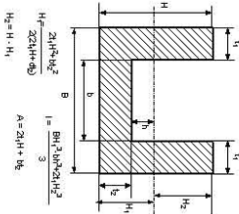
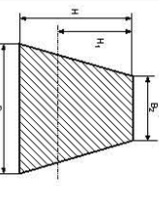
За пресметка на главните напони покрај оптоварувањето што делува во разгледуваниот напречен пресек, битно е и познавањето на т.н. геометриски карактеристики на пресекот: плошина- A , статички момент- S , момент на инерција- I и отпорен момент- Z .

Пресметката на секој машински дел започнува со правилно определување на надворешните оптоварувања што делуваат на него: сили и нивни моменти.

На наредната слика е прикажан еден машински систем како пример.



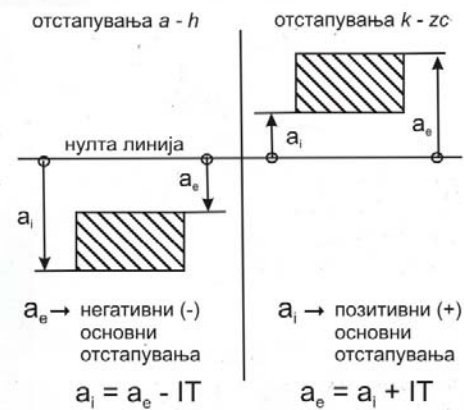
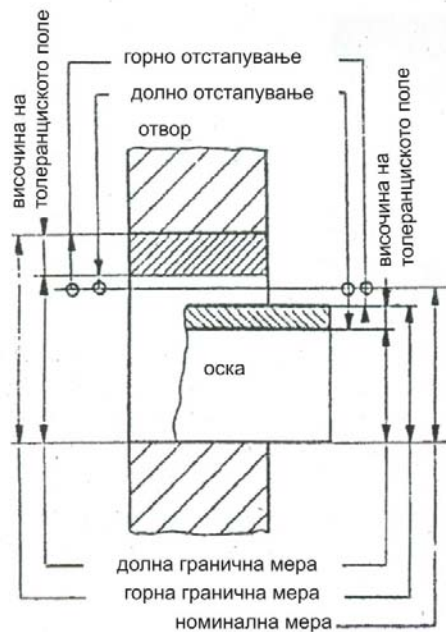
Просторен приказ на дејство на сили на вратило со запченици

 $I = \frac{BH^3}{12}$ $A = BH$ $W = \frac{BH^2}{6}$	 $I = \frac{BH^3}{12} - \frac{b(h^3)}{12}$ $A = BH - 2bh$ $W = \frac{BH^2}{6} - \frac{bh^2}{2}$	 $I = \frac{BH^3}{12} + 2bh_2^2$ $A = BH + 2bh_2$ $W = \frac{BH^2}{6} + bh_2^2$
 $I = \frac{\pi D^4}{64}$ $A = \frac{\pi D^2}{4}$ $W = \frac{\pi D^3}{32}$	 $I = \frac{2H^4}{12}$ $A = 2H^2$ $W = \frac{2H^3}{6}$	 $I = \frac{b^3H}{12} + \frac{bH^3}{12}$ $A = bH + hb$ $W = \frac{b^2H}{6} + \frac{bH^2}{6}$
 $I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$ $A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$ $W = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$	 $I = \frac{BH^3}{12} - \frac{b(h^3)}{12}$ $A = BH - bh$ $W = \frac{BH^2}{6} - \frac{bh^2}{2}$	 $I = \frac{b^3h}{12} + \frac{2b_1h_1^3}{12}$ $A = bh + 2b_1h_1$ $W = \frac{b^2h}{6} + \frac{2b_1h_1^2}{6}$
 $I = \frac{BH^3}{36}$ $A = \frac{BH}{2}$ $W = \frac{BH^2}{24}$	 $I = \frac{2b_1h_1^3}{12} + \frac{2bh^2}{12}$ $A = 2b_1h_1 + 2bh$ $W = 2b_1h_1^2 + 2bh^2$	 $I = \frac{H^3(B_1 + 2B_2)}{36} + \frac{bH^3}{12}$ $A = 2H^2 + bH$ $W = \frac{H^2(B_1 + 2B_2)}{12} + \frac{bH^2}{6}$

Моменти на инерција на различни напречни пресеци

6. Толеранции

ИЗБОР НА ТОЛЕРАНЦИИТЕ И НА НАЛЕГНУВАЊАТА

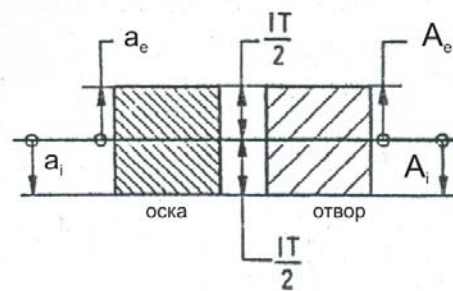


Сл. 2: Отстапувања за оската

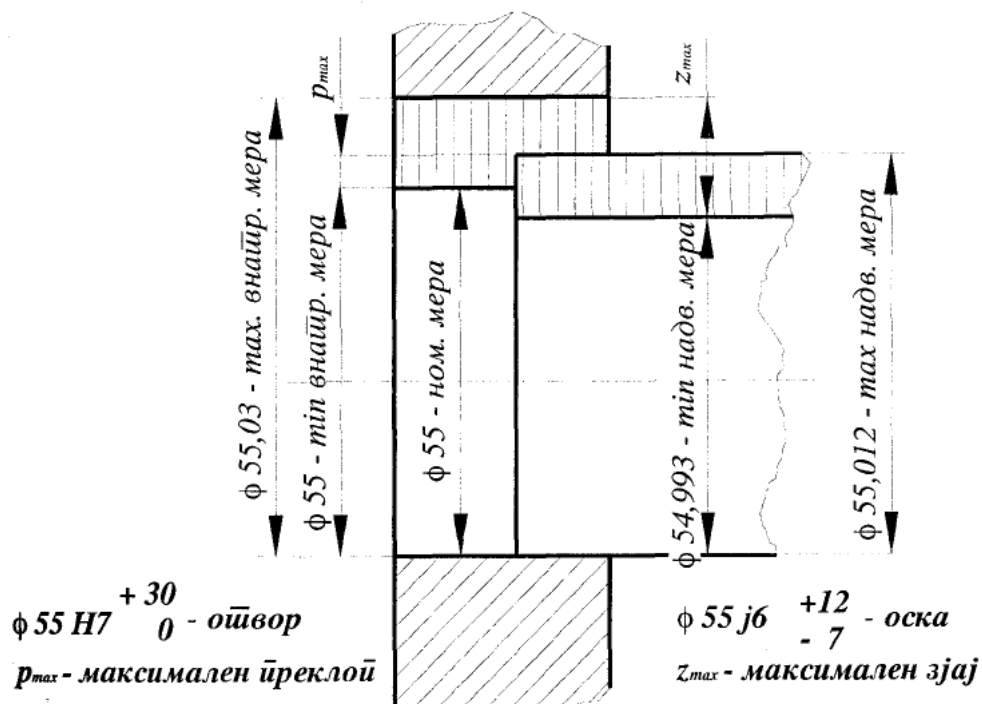
Сл. 1: Графичко прикажување



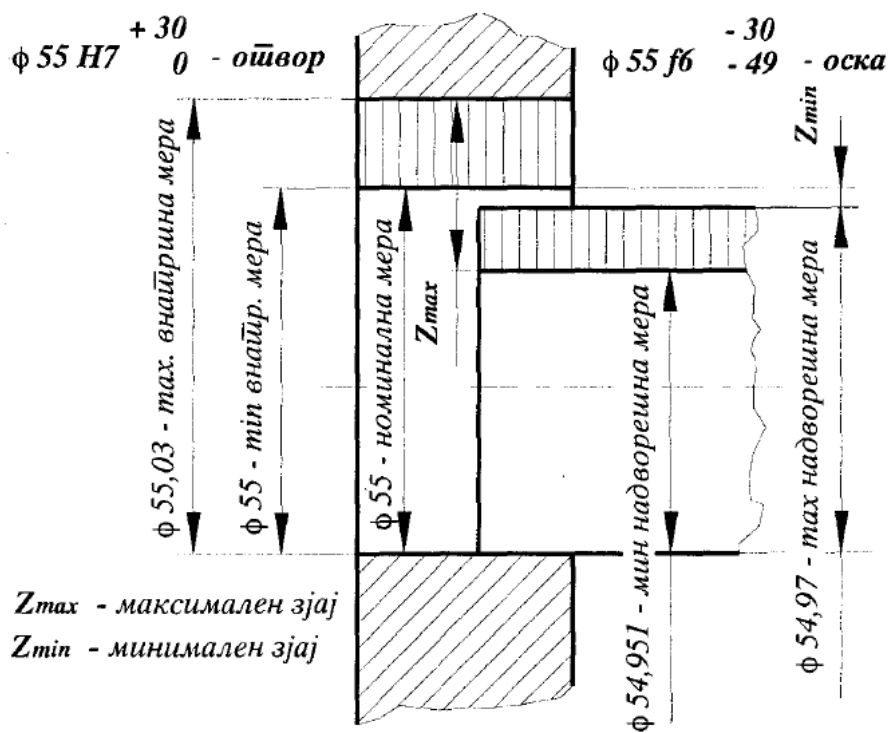
Сл. 3: Отстапувања за отворот



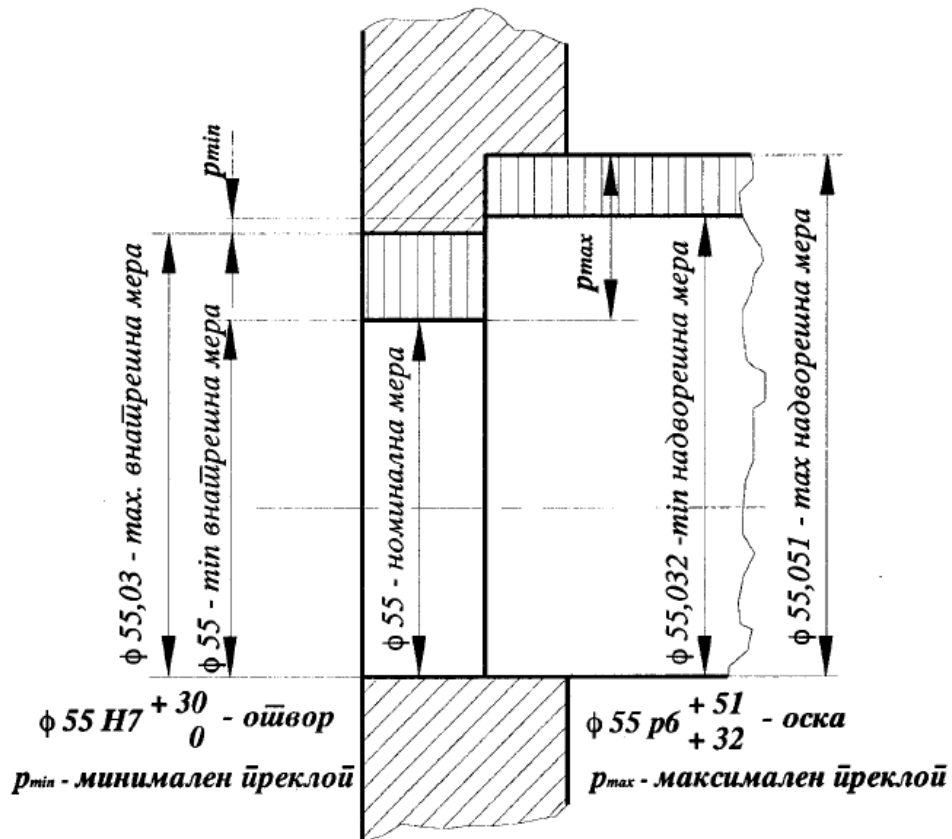
Сл. 4: Отстапувања js и JS



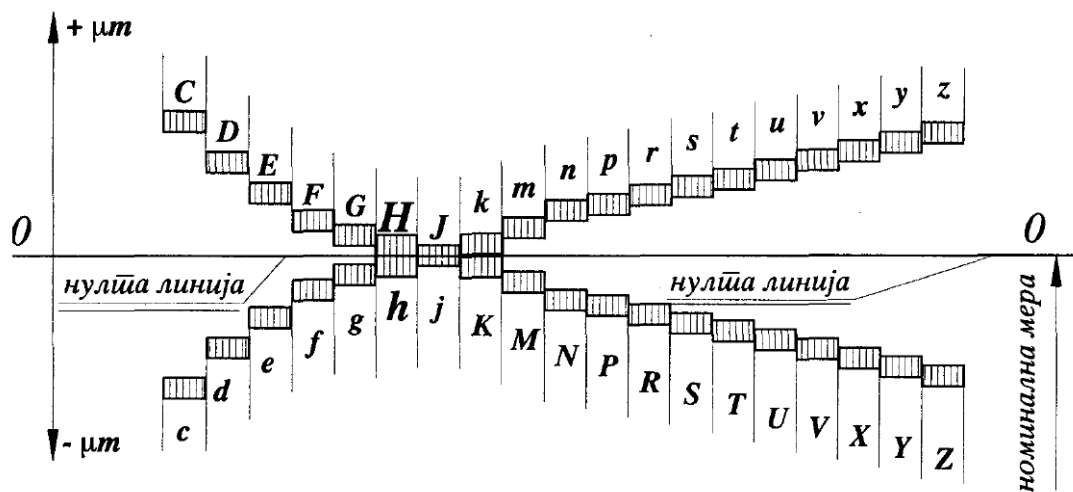
Графички приказ на неизвесно налегнување $\text{O}55 \text{H}7/j6$



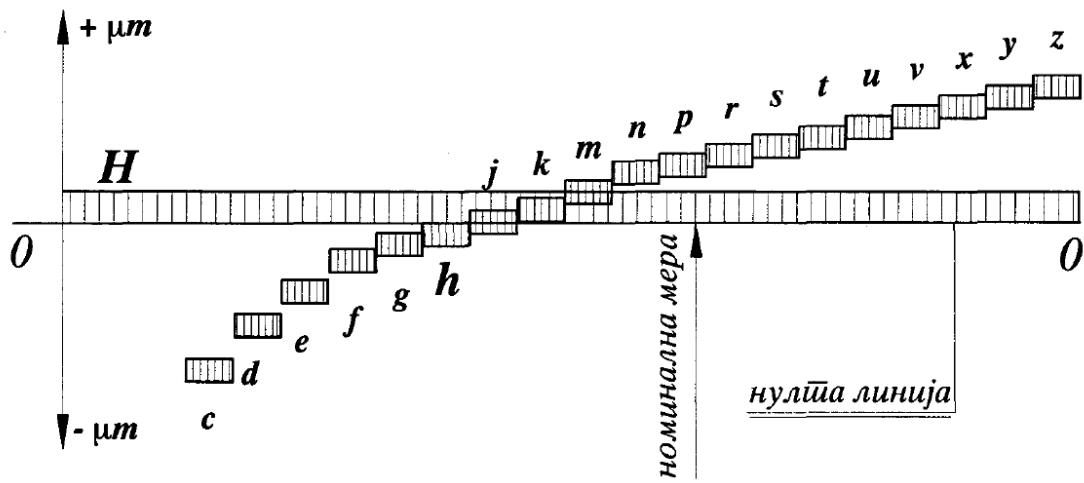
Графички приказ на лабаво налегнување $\text{O}55 \text{H}7/f6$



Графички приказ на цврсто налегнување $\phi 55 H7/r6$



Поставеност на дел од ISO-системот на толеранциски полиња во однос на нултата линиѝа



Шематски приказ на положбата на толеранциските полиња во системот на заеднички отвор